

## ABU TERBANG (FLY ASH) SEBAGAI BAHAN TAMBAH UNTUK MENINGKATKAN KUAT TEKAN BATA BETON (PAVING BLOCK)

*Fly Ash Upon Which Add To Improve Strength Depress Brick Concrete ( Paving Block)*

**Yanuar Haryanto , Gathot Heri Sudibyo, dan Fatkhurrozak**

Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Fakultas Sains Dan Teknik  
Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto

### ABSTRACT

*This research was aimed to know the influence of fly ash addition at paving block stress strength. Variation of fly ash was 0%, 20%, 40%, 60%, and 80% from weight of cement with water cement ratio 0,25. The specimen was hexagonal and cube with the comparison 1 cement : 6 sand. The result showed that the stress strength of hexagonal paving block at 56 days with fly ash 20%, 40%, 60% and 80% was increase to 37,166% (7,057 MPa), 18,248% (3,465 MPa), 8,110% (1,54 MPa), and 14,193% (2,695 MPa). The cubic paving block at 56 days with fly ash 20%, 40%, 60% and 80% was increase to 35,932% (5,969 MPa), 15,135% (2,514 MPa), 9,534% (1,584 MPa), and 8,318% (1,382 MPa).*

**Keyword :** *paving block, stress strength, fly ash.*

### PENDAHULUAN

Paving blok merupakan produk bahan bangunan dari semen yang digunakan sebagai salah satu alternatif penutup dan pengerasan permukaan tanah. Paving blok dikenal juga dengan nama bata beton untuk lantai. Pemilihan penggunaan paving blok semakin tinggi dikarenakan beberapa hal, diantaranya adalah bentuk, warna, ukuran, dan kekuatan yang bervariasi sesuai kebutuhan.

Selama ini bahan pembuatan paving blok adalah semen dan pasir. Ketersediaan bahan-bahan ini semakin menipis sehingga menyebabkan harganya cenderung semakin naik. Sementara itu, meningkatnya pembangunan dan pertambahan penduduk telah mengakibatkan kebutuhan akan paving blok sebagai bata beton lantai semakin meningkat. Untuk itu perlu dicari alternatif pemanfaatan bahan lain tanpa menurunkan mutu paving blok yang dihasilkan. Pemanfaatan limbah *fly ash* sebagai bahan campuran pembuatan paving blok bertujuan menunjang pengadaan bahan bangunan, menunjang program pemerintah dalam usaha memenuhi kebutuhan komponen bahan bangunan, kemungkinan berdirinya usaha kecil yang memproduksi komponen bangunan, memberikan nilai tambah bagi pengelola limbah, ikut mengatasi problem industri, dan terciptanya lapangan kerja baru.

Pemanfaatan *fly ash* PLTU Cilacap sampai saat ini baru dilaksanakan oleh perusahaan pembuatan semen PT Holcim Cilacap sebagai bahan tambah dalam pembuatan akhir semen. PT. Sumber Segara Primadaya (S2P), selaku pihak pengelola PLTU memberikan limbah *fly ash* kepada siapa saja yang ingin memanfaatkannya. Dalam 1 hari volume produksi limbah *fly ash* mencapai  $\pm 6.000 \text{ m}^2$ . Padahal apabila tidak dimanfaatkan, limbah *fly ash* ini akan menyebabkan masalah di kemudian hari. Selain membutuhkan lahan yang luas sebagai tempat membuangnya, beberapa jenis *fly ash* memiliki kandungan yang berbahaya bagi kesehatan manusia, dikarenakan kandungan SO<sub>x</sub>, suatu kandungan zat yang beracun pada batubara (Almanda, 2000).

Bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu (SNI 03-0691-1996).

Bata beton (*paving block*) terbentuk dari mortar semen yang dibuat dari campuran pasir, semen portland, dan air dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume pasir berkisar antara 1:2 sampai dengan 1 : 6 atau lebih besar (Komarudin,

2003). Beberapa peneliti terdahulu telah mengadakan percobaan-percobaan untuk memperbaiki sifat kurang baik dan menambah kekuatan struktur berbahan mortar dengan cara pemberian bahan tambah, baik yang bersifat kimiawi maupun fisikal pada adukan.

Marwan (1995), melakukan penelitian tentang reaktifitas *fly ash* (abu terbang eks batubara) serta pengaruhnya pada perekat beton. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa penambahan *fly ash* bisa menurunkan temperatur hidrasi serta memperlama *setting time* (waktu pengikatan awal dan akhir). Dengan penambahan 10% *fly ash* terhadap berat semen bisa meningkatkan kuat tekan sebesar 5,47% untuk benda uji pasta dan 17,5% untuk benda uji beton.

Penambahan abu batubara (*fly ash*) pada beton dibandingkan dengan beton normal menunjukkan adanya peningkatan kualitas beton. Kuat tekan meningkat sebesar 12.68% pada umur 7 hari, 12.24% pada umur 14 hari, 11,77% pada umur 28 hari, 18.3% pada umur 42 hari dan 21.89 % pada umur 56 hari. Peningkatan kualitas beton disebabkan kandungan unsur silikat dan aluminat pada abu terbang yang reaktif bereaksi dengan kapur bebas pada proses hidrasi antara semen dan air menjadi kalsium silikat (Erlambang, 1997).

Klasifikasi bata beton (*paving block*) menurut SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut:

- Bata beton mutu A : digunakan untuk jalan
- Bata beton mutu B : digunakan untuk peralatan parkir
- Bata beton mutu C : digunakan untuk pejalan kaki
- Bata beton mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain

Adapun syarat bata beton (*paving block*) yang ditetapkan SNI 03-0691-1996 adalah :

- Sifat tampak. Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.
- Ukuran. Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi  $\pm 8\%$ .
- Sifat fisika. Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisik seperti disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Sifat-sifat fisika bata beton

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan Air Rata-rata (%)
	Rerata	Minimal	Rerata	Terendah	
A	40	35	0.009	0.103	3
B	20	17,0	0.130	0.149	6
C	15	12,5	0.160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

(Sumber: SNI 03-0691-1996)

Keuntungan penggunaan bata beton (*paving block*) adalah sebagai berikut:

- Mudah dalam pemasangan dan pemeliharaan yang bersifat insidental, atau dengan kata lain pemasangan

pemeliharaan mudah apabila dilakukan secara mendadak.

- Dapat diproduksi baik secara mekanis, semi mekanis, maupun dicetak tangan.

- c. Tidak mudah rusak oleh kendaraan.
- d. Memperindah lapisan permukaan.
- e. Anti slip.
- f. Ukuran lebih terjamin.
- g. Konsep pembangunan berwawasan lingkungan.
- h. Tidak mudah rusak oleh perubahan cuaca (tahan terhadap cuaca) dan lain-lain.
- i. Daya serap air tinggi, sehingga dapat mengurangi genangan air di halaman

Menurut Sudarmoko (2000), konstruksi bata beton (*paving block*) memiliki kelebihan sebagai berikut ini :

- a. Biaya pemeliharaan ringan dan mudah untuk memperbaikinya sehingga gangguan operasional dapat ditekan serendah mungkin.
- b. Dapat dengan mudah dibongkar kembali tanpa menghilangkan kemampuan paving blok dalam menahan beban, sehingga perbaikan perkerasan yang mengalami penurunan cukup besar menjadi lebih murah.
- c. Sangat tahan terhadap beban vertikal (*punching load*) dan gaya horisontal yang disebabkan oleh pengereman, perlambatan, atau percepatan kendaraan, serta pada tempat penumpukan peti kemas.
- d. Ketahanan tinggi terhadap bahan bakar minyak atau oli yang tumpah
- e. Perkerasan paving blok dapat segera dibuka/dipakai untuk lalu-lintas segera setelah pemasangan selesai.
- f. Blok dapat juga diangkat jika terjadi penggalian untuk kabel listrik, PAM, telepon, untuk kemudian dipasang kembali dengan biaya murah tanpa menimbulkan bekas.

Menurut ASTM C.618 (1996), abu terbang atau *fly ash* didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batubara atau bubuk batubara yang mengandung sedikit atau tidak mengandung semen, tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan air dan kapur padam pada suhu normal ( $24^{\circ} - 27^{\circ} \text{C}$ ) menjadi massa yang padat yang tidak larut dalam air.

Berdasarkan jenis batubara yang digunakan, abu terbang atau *fly ash* dibagi atas 3 kelas yaitu abu terbang kelas F dan kelas C serta kelas N (natural). *Fly ash* kelas F dan kelas C adalah hasil residu pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar batubara. *Fly ash* diperoleh pada sebuah ruangan atau tempat yang disebut presipitator elektrostatis, yaitu suatu alat untuk mengendalikan partikel yang akan keluar cerobong dan alat pengolahan abu batubara sebelum dimasukkan ke dalam silo untuk selanjutnya dibuang.

Abu terbang kelas F tersedia dalam jumlah terbesar. Secara umum *fly ash* kelas F memiliki kadar kapur yang lebih rendah biasanya kurang dari 15% dan memiliki kandungan oksida silikat ( $\text{SiO}_2$ ),  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang lebih besar (min. 70%) dibandingkan dengan *fly ash* kelas C. *Fly ash* kelas C memiliki kandungan kapur yang lebih besar, biasanya lebih besar dari 15% bahkan sampai 30%. Tingginya kadar CaO menjadikan *fly ash* kelas C mempunyai karakter atau sifat mudah mengeras dengan sendirinya. Perbedaan penggunaan kelas *fly ash* yaitu:

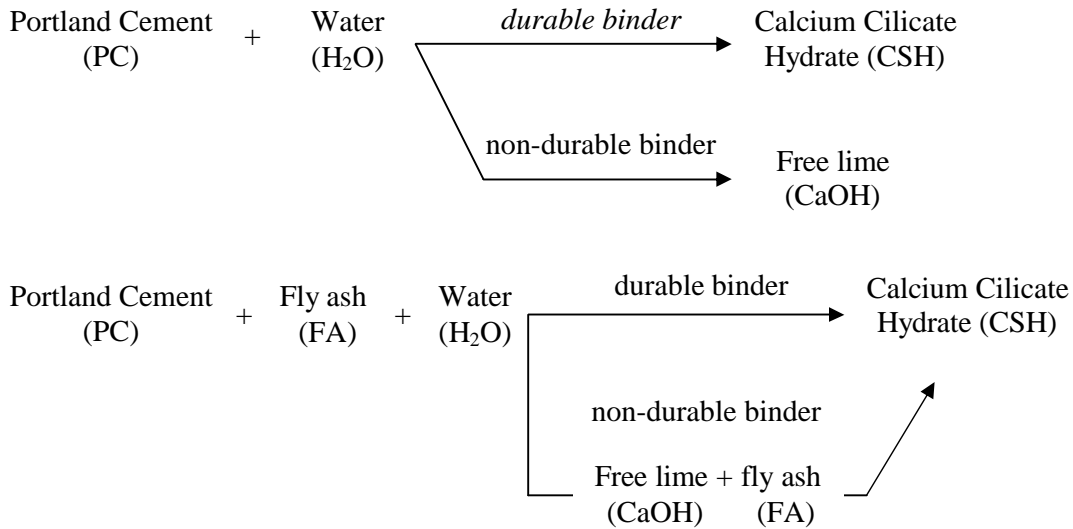
a. Kelas F

- 1. Efektif meredam peningkatan panas hidrasi yang terjadi selama masa perawatan beton dan merupakan material yang ideal untuk digunakan pada campuran beton massa dan campuran kekuatan tinggi.
- 2. Mengandung sulfida, tahan terhadap sulfat sehingga dianjurkan untuk penggunaan dimana mortar atau beton terpapar ion-ion sulfat seperti di dalam tanah dan air tanah.

b. Kelas C

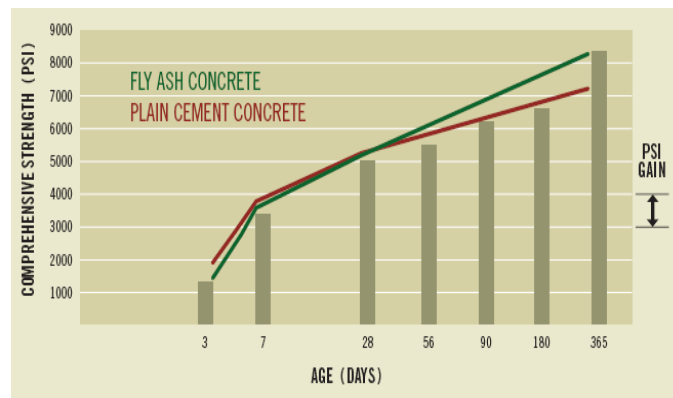
- 1. Paling banyak digunakan dalam campuran permen, beton pra tegang dan situasi yang membutuhkan kekuatan awal yang tinggi.
- 2. Terutama digunakan pada stabilisasi tanah karena kelas C tidak membutuhkan tambahan kapur.

Perbandingan proses reaksi hidrasi antara portland semen (PC) dengan portland semen ditambah *fly ash* (PC + FA) dapat ditulis sebagai berikut:



Kuat tekan beton yang hanya menggunakan semen saja menghasilkan kuat tekan awal yang tinggi sampai umur 7 hari, setelah itu kenaikannya melambat. Sedangkan campuran beton *fly ash* mempunyai kekuatan awal yang lebih lambat pada umur awal beton, tetapi kira-kira setelah umur 7 hari tingkat rata-rata kuat tekannya melebihi beton biasa, bahkan pada umur 56 hari dan 90 hari kuat

tekan yang diperoleh secara signifikan lebih tinggi dari beton yang dibuat secara konvensional. Perbandingan antara kenaikan kuat tekan beton biasa dengan kuat tekan beton *fly ash* disajikan pada Gambar 1. Besarnya penambahan *fly ash* agar diperoleh beton dengan kekuatan tinggi disarankan menggunakan *fly ash* mutu tinggi minimum sebesar 15% dari berat total bahan semen.



**Gambar 1.** Perbandingan antara kenaikan kuat tekan beton biasa dengan

kuat tekan beton *fly ash*

Beberapa alasan material *fly ash* digunakan dalam proporsi campuran beton adalah sebagai berikut:

1. Partikel *fly ash* yang berbentuk bola sangat membantu *workability*. Hal ini disebabkan karena dapat membantu mengurangi jumlah pasir pada campuran beton konvensional, sehingga penampilan beton dapat ditingkatkan.

2. Karena partikel *fly ash* berbentuk bola, lebih sedikit air yang diperlukan untuk mencapai tingkat slump sama pada
  3. beton. Penambahan *fly ash* pada campuran konvensional dapat mengurangi air sebesar 5% - 10% yang dibutuhkan pada beton biasa. Pengurangan jumlah air ini dapat ditingkatkan jika *fly ash* yang digunakan juga meningkat.
  4. Berat jenis *fly ash* kebanyakan lebih rendah daripada semen portland. Pada beton biasa untuk mengurangi jumlah air menggunakan bahan tambah *water-reducing*, tetapi pada beton *fly ash* tidak perlu, sehingga volume yang diperoleh menjadi lebih padat.
- Berdasarkan ASTM C.618 (1996) Volume 04.02 *fly ash* dibagi dalam 3 kategori seperti disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Persyaratan Kandungan Kimia *Fly Ash*

Senyawa	Kelas campuran mineral		
	F	C	N
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ , min, %	70.0	50	70.0
$\text{SO}_3$ , max, %	5.0	5.0	4.0
<i>Moisture content</i> , max, %	3.0	3.0	3.0
<i>Loss of Ignition</i> , max, %	6.0	6.0	10.0
Alkali, $\text{Na}_2\text{O}$ , max, %	1.5	1.5	1.5

Selain itu, ASTM C618 – 96 Volume 04.02 juga memberikan persyaratan fisika

*fly ash* seperti disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Persyaratan Fisika *Fly Ash*

Persyaratan Fisika	Kelas		
	F	C	N
Jumlah yang tertahan ayakan 45 • m (no.325),max,%	34	34	34
Index aktifitas kekuatan :			
Dengan semen, umur 7 hari, min, % kontrol	75	75	75
Dengan semen, umur 28 hari, min, % kontrol	75	75	75
Kebutuhan air, max, % kontrol	105	105	155
Kekerasan :			
<i>Autoclave ekspansion</i> atau <i>contraction</i> , maks,%	0.8	0.8	0.8
<i>Density</i> , maksimal variasi dari rata-rata,%	5	5	5
% tertahan ayakan 45 • m, max variasi, % dari rata-rata	5	5	5

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen,

dengan mengadakan percobaan untuk mendapatkan hasil yang menunjukkan hubungan antara variabel yang ada. Variabel pada penelitian ini adalah variasi kadar

penambahan *fly ash* sebagai variabel bebas dan kuat tekan bata beton (*paving block*) sebagai variabel terikat

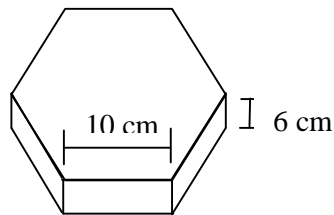
#### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: timbangan, oven, ayakan, mesin penggetar ayakan, piknometer, *proctor*, cetakan benda uji, dan *compression machine*.

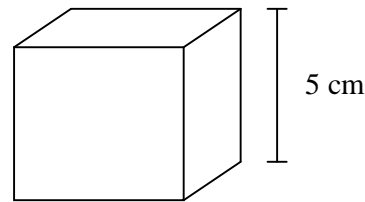
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: semen portland (PC) tipe I, pasir alam, *fly ash* dari PLTU Cilacap dan air bersih.

#### Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah benda uji paving blok bentuk segi enam sama sisi dengan dimensi panjang 10 cm tinggi 6 cm seperti disajikan pada Gambar 2, dan benda uji paving blok bentuk kubus dengan panjang tiap sisi 5 cm seperti disajikan pada Gambar 3. Skema rancangan benda uji disajikan pada Tabel 4.



**Gambar 2.** Benda Uji Bentuk Segi Enam



**Gambar 3.** Benda Uji Bentuk Kubus

**Tabel 4.** Skema Rancangan Benda Uji

No	Kadar Penambahan <i>Fly Ash</i>	Umur Pengujian Bata Beton ( <i>Paving Block</i> ) (hari)				
		Segi Enam				Kubus
		3	14	28	56	56
1	0 %	3	3	3	3	10
2	20 %	3	3	3	3	10
3	40 %	3	3	3	3	10
4	60 %	3	3	3	3	10
5	80 %	3	3	3	3	10
Jumlah		15	15	15	15	50
Jumlah total benda uji		60				50

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Pengujian *Fly Ash*

Hasil pengujian *Fly Ash* PLTU Cilacap memiliki sifat dan kandungan kimia seperti disajikan pada Tabel 5.

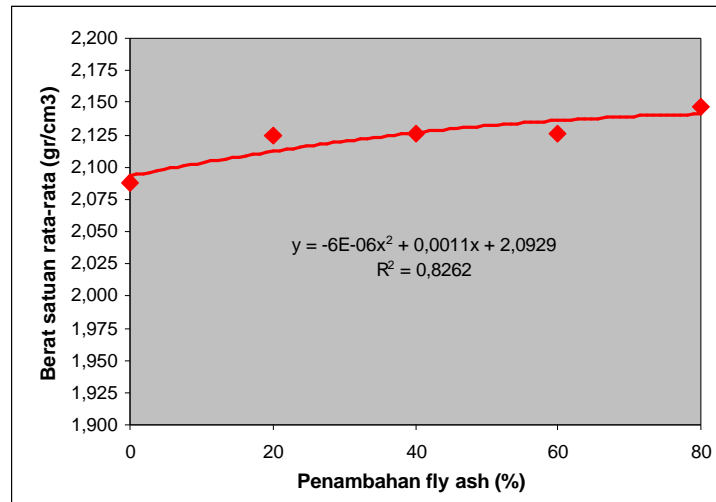
**Tabel 5.** Sifat Fisik dan Kandungan Kimia *Fly Ash* PLTU Cilacap

No	Jenis Pengujian	Nilai	Satuan
A.	Pengujian Fisik		
1.	Analisis Blaine	435.39	(m <sup>2</sup> /kg)
2.	Residu 45 mikron	9.23	(%)
3.	Residu 90 mikron	3.30	(%)
4.	<i>Density</i>	2.87	(t/m <sup>3</sup> )
B.	Pengujian Kimia	Nilai	Satuan
1.	SiO <sub>2</sub>	36.54	(%)
2.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.27	(%)
3.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.70	(%)
4.	CaO	13.23	(%)
5.	MgO	4.96	(%)
6.	SO <sub>3</sub>	0.40	(%)
7.	K <sub>2</sub> O	1.01	(%)
8.	Na <sub>2</sub> O	0.43	(%)
9.	Alkali ekuivalen	1.09	(%)
10.	Cl	0.05	(%)
11.	<i>Insoluble material</i>	13.32	(%)

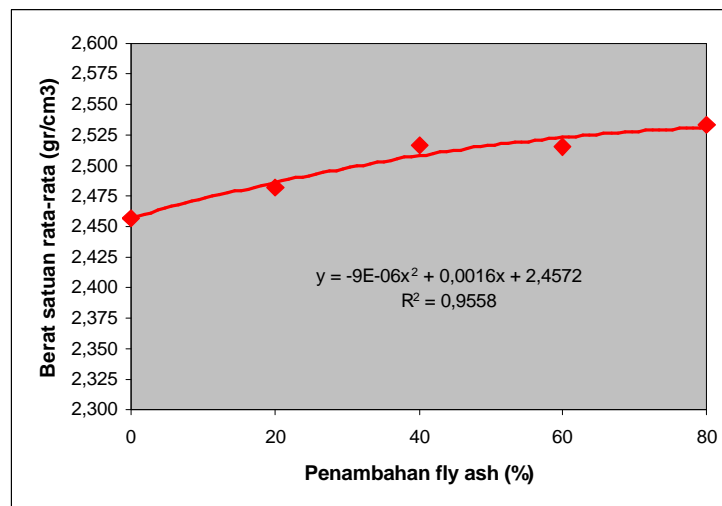
#### Pengujian Berat Satuan Paving Blok

Pengujian berat satuan paving dilaksanakan dalam dua jenis, yaitu untuk benda uji berbentuk segi enam pada umur 3, 14, 28 dan 56 hari dan benda uji berbentuk kubus pada umur 56 hari. Hasil pengujian

berat satuan benda uji berbentuk segi enam disajikan pada Gambar 4, sedangkan hasil pengujian berat satuan benda uji berbentuk kubus pada umur 56 hari disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 4.** Grafik Hubungan Kadar *Fly Ash* Dengan Berat Satuan Rata-Rata Paving Blok Bentuk Egi Enam



**Gambar 5.** Grafik Hubungan Kadar *Fly Ash* Dengan Berat Satuan Rata-Rata Paving Blok Bentuk kKubus



Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan *fly ash*, maka berat satuan paving blok cenderung mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena pori-pori yang terdapat dalam paving blok terisi oleh agregat *fly ash* yang memiliki ukuran partikel sangat halus dan berbentuk bola, sehingga volumenya menjadi lebih padat.

#### Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Blok

Hasil pengujian kuat tekan paving blok bentuk segi enam disajikan pada Tabel 6, sedangkan hasil pengujian kuat tekan paving blok bentuk kubus disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 6.** Kuat Tekan Paving Blok Bentuk Segi Enam

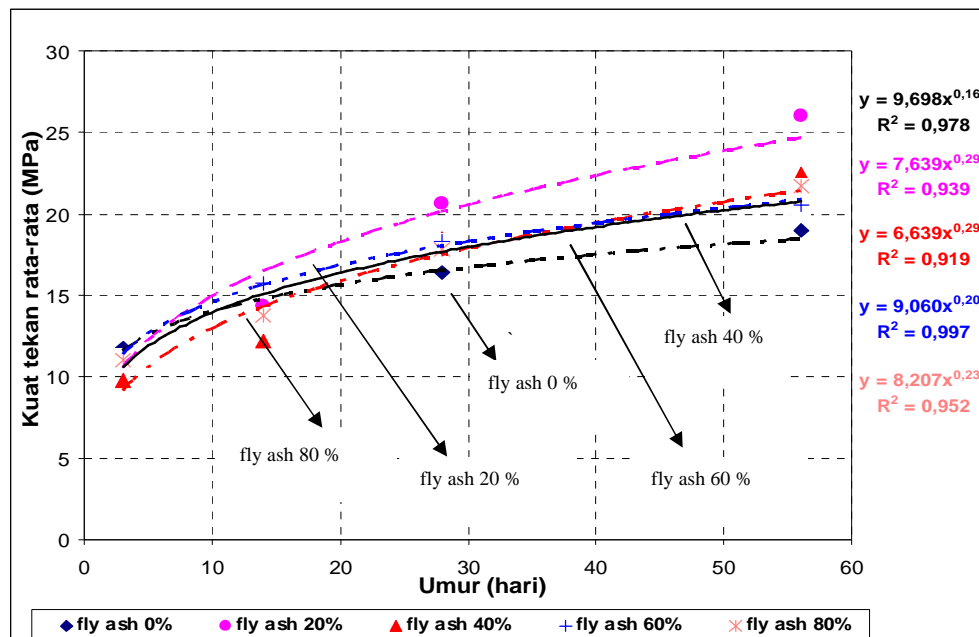
Umur (hari)	Kadar Fly Ash (%)	Kuat Tekan (MPa)			Rerata
		1	2	3	
3	0	10,392	11,932	13,087	11,804
	20	11,932	11,547	10,007	11,162
	40	9,238	10,392	9,623	9,751
	60	11,162	10,777	11,932	11,290
	80	10,777	11,932	10,392	11,034
14	0	13,472	15,011	14,241	14,241
	20	13,472	15,396	14,241	14,370
	40	11,547	13,087	11,932	12,189
	60	16,936	14,626	16,551	16,038
	80	13,087	13,856	14,241	13,728
28	0	20,015	16,166	15,781	17,321
	20	20,015	20,400	21,554	20,656
	40	16,551	19,245	19,630	18,475
	60	20,785	18,860	17,705	19,117
	80	17,705	18,475	17,321	17,834
56	0	17,705	18,090	21,170	18,988
	20	25,403	26,558	26,173	26,045
	40	20,785	23,094	23,479	22,453
	60	20,015	18,860	20,785	19,887
	80	21,554	22,709	20,785	21,683

**Tabel 7.** Kuat Tekan Paving Blok Bentuk Kubus Umur 56 Hari

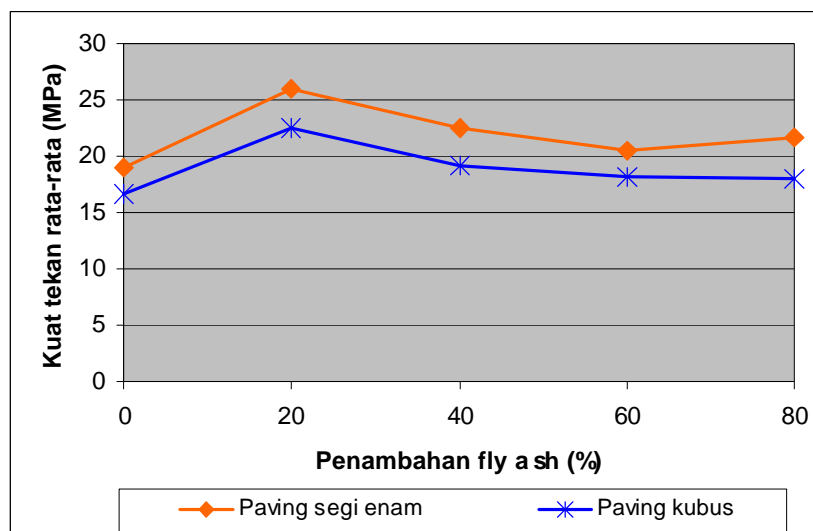
Kadar Fly Ash (%)	Kuat Tekan (Mpa)										Rerata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	10,89	17,54	17,28	23,23	18,93	10,38	20,01	16,90	20,88	10,09	16,69
20	25,72	18,18	21,77	25,26	24,77	29,03	24,59	19,73	24,35	24,81	22,98
40	24,14	13,72	21,56	19,49	9,90	19,62	19,27	13,37	21,42	19,17	19,14
60	16,38	9,45	17,80	20,94	25,40	13,05	19,80	24,77	16,90	17,47	18,03
80	19,73	18,32	9,78	21,18	19,70	24,83	14,12	20,16	19,27	22,89	17,99

Grafik hubungan antara umur dengan kuat tekan rata-rata paving blok berbentuk segi enam disajikan pada Gambar 6, sedangkan grafik hubungan antara kadar *fly ash* dengan

kuat tekan rata-rata paving blok bentuk segi enam dan kubus umur 56 hari disajikan pada Gambar 7.



**Gambar 6.** Grafik Hubungan Antara Umur Dengan Kuat Tekan Rata-Rata Paving Blok Bentuk Segi Enam



**Gambar 7.** Hubungan Antara Kadar *Fly Ash* Dengan Kuat Tekan Rata-Rata Paving Blok Bentuk Segi Enam Dan Kubus Umur 56 Hari.

Dari hasil pengujian kuat tekan paving blok dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai kuat tekan paving blok seiring dengan bertambahnya umur. Peningkatan kualitas beton disebabkan kandungan unsur silikat dan aluminat pada abu terbang yang reaktif bereaksi dengan kapur bebas pada proses hidrasi antara semen dan air menjadi kalsium silikat.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa beton normal umumnya memiliki kuat tekan awal yang lebih tinggi pada umur sebelum 28 hari, sedangkan pada beton *fly ash* sebaliknya. Akan tetapi setelah umur 28 hari beton *fly ash* memiliki kuat tekan lebih tinggi daripada beton normal. Hal senada juga sesuai dengan penelitian Sadjit *et. al.* (2003), yang menyatakan bahwa temperatur hidrasi menurun dengan naiknya tingkat kehalusan *fly ash* yang dipakai dan berdampak pada bertambah lamanya waktu pengikatan, baik pengikatan awal maupun akhir.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

1. Semakin besar penambahan kadar *fly ash* maka berat satuan paving blok yang dihasilkan cenderung mengalami kenaikan.

2. Penambahan *fly ash* 20%, 40%, 60% dan 80% pada benda uji paving blok segi enam umur 56 hari mengakibatkan peningkatan kuat tekan masing-masing sebesar 37,166% (7,057 MPa), 18,248% (3,465 MPa), 8,110% (1,54 MPa), dan 14,193% (2,695 MPa).
3. Penambahan *fly ash* 20%, 40%, 60% dan 80% pada benda uji paving blok kubus umur 56 hari mengakibatkan peningkatan kuat tekan masing-masing sebesar 35,932% (5,969 MPa), 15,135% (2,514 MPa), 9,534% (1,584 MPa), dan 8,318% (1,382 MPa).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Almanda, D. 2000. *Menekan Kerusakan Lingkungan PLTU Batubara*. Jakarta: Petra Propen-Pertamina.
- ASTM - 04.02. 1996. *Concrete and Aggregates*, USA: Easton.
- Dewan Standarisasi Nasional. 1996. *Bata Beton (Paving Blok) SNI 03-0691-1996*. Jakarta: Balitbang Departemen Pekerjaan Umum.

Yanuar Haryanto, Gathot Heri Sudibyo, dan Fatkhurrozak  
Abu Terbang (*Fly Ash*) Sebagai Bahan Tambah Untuk Meningkatkan  
Kuat Tekan Bata Beton (*Paving Block*): 65- 76

Erlambang, E. 1997. *Karakteristik Beton dengan Bahan Tambah Abu Terbang*. Jurnal. Yogyakarta: UGM

Kristianto, Komarudin. 2003. *Pengaruh Variasi Penambahan Serat Lokal (Ijuk) Terhadap Kuat Tekan Paving Blok*. Tugas Akhir. Purwokerto: Jurusan Teknik Sipil FT UMP.

Sadji, Triwulan dan A. Rohman Akbar. 2003. *Peningkatan Kehalusan Fly Ash Sebagai Cimentatious Material Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan*

*Metode Steam Curing*. Jurnal ITS. Surabaya: Lembaga Penelitian Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Sudarmoko. 2000. *Beton Fiber Lokal Untuk Non-Struktural*. Yogyakarta: Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik UGM.

Triwulan, Marwan. 1995. *Reaktifitas Fly Ash (Abu Terbang Ex Batubara) Serta Pengaruhnya Pada Perekat Beton*. Jurnal ITS. Surabaya: Lembaga Penelitian ITS.